

Intégration technologique et développement du secteur semencier : deux facteurs de la diffusion du coton-Bt dans la Vallée du Fleuve Yangtze (Chine)

Technological integration and seed sector development: two factors of the Bt-cotton diffusion in Yangtze River Valley (China)

Michel FOK¹ et Naiyin XU²

¹CIRAD, UR SCA, 34398 Montpellier, France

²Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, China

Résumé

Dans la Province du Jiangsu, dans la Vallée du Fleuve Yangtze, l'utilisation du coton-Bt est presque généralisée alors que le gain de rentabilité spécifiquement procuré par ce type de coton est faible. Pour expliquer ce paradoxe, deux facteurs liés mais peu considérés sont proposés : il s'agit de la synergie entre le coton-Bt et les technologies existant avant l'introduction de ce dernier, phénomène appelé ici intégration technologique et qui est lui-même favorisé par un important développement du secteur des variétés et des semences.

Mots clés : Coton, Biotechnologies, Chine, innovation, institution

Abstract.

In Jiangsu Province, Yangtze River Valley, the use of Bt-cotton is almost generalized while it induces little specific profitability gain. To explain this paradox, two factors so far little considered are proposed: synergy of Bt-cotton with preexisting production techniques, phenomenon called technological integration and which has been enhanced by a remarkable development of variety and seed sectors.

Keywords: Cotton, Biotechnologies, China, innovation, institution

JEL : O31, O33, O34, O38, Q13, Q16, Q18

1. Introduction

En Chine, la commercialisation du coton transgénique a commencé en 1997, avec des variétés intégrant un gène Bt (coton-Bt) pour contrôler l'attaque de certains ravageurs du genre Lépidoptères, en particulier *Helicoverpa armigera* et *Pectinophora gossypiella*, parmi un vaste ensemble de ravageurs. Aujourd'hui, il est estimé que le coton-Bt couvre près de 70 % de la surface cotonnière sur l'ensemble de la Chine (James, 2008), avec un taux de couverture proche de 100% dans les provinces du Hebei, Henan et Shandong de la Vallée du Fleuve Jaune (VFJ). Le taux d'adoption est aussi forte dans les provinces de la Vallée du Fleuve Yangtsé (VFY), alors que des travaux publiés en chinois ont rapporté un faible impact du coton-Bt en termes de réduction du nombre de traitements chimiques et de gain de rentabilité (Xu, et al., 2004). Il y aurait ainsi un paradoxe, jamais signalé, d'une large adoption du coton-Bt dans la VFY en dépit de faibles avantages spécifiques.

Cet article vise à restituer une situation paradoxale d'adoption du coton-Bt dans la VFY, dont la principale province est Jiangsu, et à proposer deux facteurs d'explication. Il s'appuie sur les indications issues d'une enquête et sur les données disponibles auprès de services officiels mais jamais utilisées dans les publications hors de Chine. Pour expliquer le paradoxe observé, il est suggéré d'une part le rôle déterminant d'une intégration technologique et, d'autre part, l'influence du développement du secteur des variétés et des semences pour matérialiser cette synergie. L'intégration technologique est entendue dans le sens d'une compatibilité, voire d'une synergie, entre technologies nouvelles et existantes.

La section 2 présente la situation d'adoption du coton-Bt dans la VFY. Sous forme de revue de la littérature, la section 3 analyse le caractère paradoxal de la situation observée dans la VFY pour faire ressortir la pertinence et l'originalité des deux facteurs explicatifs proposés. La section 4 explicite le phénomène d'intégration technologique et la relation avec le développement des marchés des variétés et des semences dans la VFY.

2. Adoption quasi généralisée en dépit de faibles avantages spécifiques du coton-Bt

L'utilisation du coton-Bt dans la Province du Jiangsu, et dans la VFY plus globalement, est quasi généralisée. On observe peu de réduction dans le contrôle chimique des ravageurs et peu de gain de rentabilité. C'est paradoxal au regard de tous les écrits sur les situations de large adoption de coton-Bt.

2.1. Caractéristiques d'une adoption quasi généralisée du coton-Bt

La situation d'adoption est renseignée par une enquête que nous avons conduite en 2005 dans la Province du Jiangsu et par l'exploitation d'une série statistique officielle, quoique peu accessible.

L'enquête conduite en 2005 dans la province du Jiangsu (dénommée ci-après "enquête Jiangsu 2005") a couvert un échantillon de 186 producteurs de coton répartis dans les quatre principaux districts de production cotonnière de la province. Dans les conditions actuelles de la Chine, la conduite d'une enquête nécessite l'appui des services officiels locaux, sans la possibilité de consulter les registres des paysans pour raisonner le choix de l'échantillon. L'enquête devait se dérouler avec quatre passages chez les paysans échantillonnés pour recueillir les informations portant sur les campagnes 2004 et 2005. Un désaccord avec les services locaux n'a pas permis d'aller jusqu'au bout du processus de l'enquête réalisée. Nous avons décidé d'exploiter quand même les données obtenues, elles sont rarement accessibles à la communauté scientifique internationale et les informations extraites, même indicatives, sont conformes avec d'autres résultats.

L'enquête était réalisée pour appréhender le degré d'adoption du coton-Bt et les pratiques culturales des producteurs. Elle visait en particulier à obtenir les noms de variétés utilisées par les paysans dans le but de cerner leur nature (hybride ou pas, Bt ou pas) en consultant les registres de variétés. La nature réelle des variétés a dû être vérifiée pour corriger les "erreurs"¹ éventuelles grâce aux responsabilités professionnelles d'un des auteurs de cet article. Une variété peut en effet être officiellement enregistrée

¹ Il est connu que, au moins avant l'année 2000, la nature Bt d'une nouvelle variété à enregistrer pouvait ne pas être déclarée comme telle, dans le but d'esquiver les procédures de biosécurité et/ou le paiement de royalties dues pour l'utilisation du gène Bt chinois. A titre indicatif, sur les 262 variétés officiellement non transgéniques parmi l'ensemble des variétés dont les superficies ont été recensées jusqu'à 2007, 24 l'étaient en réalité.

[Tapez un texte]

comme non-Bt, mais commercialisée, à grand renfort de publicité, comme variété Bt².

Le Tableau 1 donne la répartition des paysans enquêtés en fonction des quatre types potentiels de variétés³ pour les campagnes 2004 et 2005, ainsi que les parts de superficies correspondantes (mais seulement pour la campagne 2004).

Tableau 1. Répartition des paysans enquêtés en fonction des types de variétés utilisés

	Nombre de paysans concernés et % du total (entre parenthèses)		Surface concernée (% du total)
	2004	2005	2004
NH-NBt	5 (2,9)	11 (6,0)	2,4
NH-Bt	27 (15,4)	28 (15,0)	25,7
H-NBt	0 (0)	5 (2,7)	0,0
H-Bt	143 (81,7)	142 (76,3)	71,9
Total	175 (100)	186 (100)	100,0

Note : H=hybride; NH= non-hybride; NBt= non-Bt;

Source : Enquête Jiangsu 2005

Ce tableau montre que la répartition des producteurs en fonction des quatre types de variétés a peu varié entre les deux campagnes. Les paysans ont utilisé le coton-Bt à 97% et 91% pour les deux campagnes successives. Une très forte proportion des variétés utilisées est de nature hybride, en moyenne 80% pour les deux campagnes. Tous les hybrides utilisés associaient le trait Bt en 2004, mais 5 paysans ont utilisé des hybrides qui n'avaient pas le trait Bt en 2005. On a trouvé un faible taux (en moyenne 4,5% pour les deux campagnes) d'utilisateurs de variétés conventionnelles, non hybrides et sans le trait Bt. En moyenne des deux campagnes, 78% des paysans ont utilisés des cultivars associant le caractère hybride et le trait Bt. En termes de surfaces occupées par les trois types de variété rencontrés, pour la campagne 2004, la part des variétés avec le trait Bt est de 97%, mais celle des variétés hybrides est plus faible, 70% de la surface totale.

L'exploitation d'une autre source de données aide à compléter la vision dégagée de notre enquête. Tous les ans, le Centre national de vulgarisation (CNV) fait relever les statistiques des surfaces des principales cultures en Chine, en fonction des variétés utilisées pour chacune des grandes cultures, dont le coton. Dans le recensement des superficies, seules sont considérées les variétés cultivées sur des superficies supérieures aux seuils retenus, mais ce seuil pour le coton a fluctué dans le temps, une année cela a été 10000 mu (667 ha), l'année suivante 50000 mu, puis 100000 mu (6667 ha), pour revenir à 50000 mu avant de sembler se stabiliser à 100000 mu. Nous avons pu avoir accès aux annuaires statistiques issus de ce recensement, nous en avons exploité les données en tenant compte de la vraie nature des variétés après vérification comme déjà indiquée. Nous y référerons comme "Données traitées des statistiques CNV".

Bien entendu, s'agissant de statistiques relevées dans un cadre administratif en Chine, il est légitime de s'interroger sur leur fiabilité. Pour autant, l'on peut considérer que les évolutions qu'elles permettent de déceler correspondent à la réalité. Par ailleurs, le recensement des superficies étant centré sur les variétés les plus cultivées, l'appréhension de la couverture par les quatre types de variétés est plus précise quand on se réfère aux surfaces couvertes et non aux nombres de variétés correspondantes.

Le Tableau 2 donne l'évolution de cette couverture depuis 1996. La répartition est faite pour quatre zones géographiques : la Province du Jiangsu, la VFY⁴, la Province du Hebei⁵ et l'ensemble de la Chine.

² Un exemple frappant concerne les variétés Zhong Mian 40, 42 et 43, largement adoptées, enregistrées comme non-Bt par le Centre National de Recherche cotonnière mais dont on peut encore voir la description avec l'indication de la résistance aux chenilles des capsules, sur plusieurs sites internet chinois.

³ En croisant les deux modalités pour chacun des deux critères (hybride, coton-Bt), on a effectivement quatre types de variété possibles.

⁴ en cumulant les données des provinces du Sichuan, du Hubei, Hunan, Zhejiang, Jiangxi, Jiangsu et Anhui. Il s'agit d'une approximation car les deux dernières provinces sont partagées entre la VFY et la VFJ.

Tableau 2. Evolution des parts de superficies couvertes par les quatre types de variétés (% surfaces totales en coton)

		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Province du Jiangsu	NH-NBt	100	100	97	94	93	90	65	40	12	18	13
	NH-Bt	0	0	0	0	0	0	12	22	29	19	9
	H-NBt	0	0	3	3	0	0	0	0	8	3	7
	H-Bt	0	0	0	3	7	10	23	38	51	60	71
VFY	NH-NBt	94	88	79	77	46	43	33	23	16	8	9
	NH-Bt	0	0	0	2	12	18	11	18	16	21	8
	H-NBt	6	12	21	20	38	31	35	26	21	23	30
	H-Bt	0	0	0	1	4	8	21	34	47	48	53
Province du Hebei	NH-NBt	96	77	29	10	0	5	5	2	0	0	3
	NH-Bt	0	23	71	90	95	84	86	97	100	100	92
	H-NBt	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H-Bt	0	0	0	0	5	11	9	1	0	0	5
Chine	NH-NBt	96	91	84	73	48	45	41	29	26	23	24
	NH-Bt	0	3	7	19	37	40	39	51	53	52	46
	H-NBt	4	6	9	7	12	9	9	7	5	6	7
	H-Bt	0	0	0	1	3	6	11	13	16	19	23

Note : H=hybride; NH=non-hybride; NBt=non transgénique; Bt=transgénique avec gène Bt

Source : Données traitées des statistiques CNV

En termes d'évolution, la progression et le niveau du taux d'adoption du coton-Bt sont notablement différents entre les zones géographiques. Dans la Province du Hebei, zone de lancement de la commercialisation du coton-Bt, un taux de couverture de 90% a été atteint dès 1999 et il se stabilise autour de ce niveau depuis. Pour la Province du Jiangsu, l'utilisation du coton-Bt a démarré avec des cultivars hybrides seulement à partir de 1999, et de manière timide. L'adoption du coton-Bt y a certainement à voir avec l'émergence d'une résistance des ravageurs aux insecticides en 1998, plus tardivement que dans la VFJ (1993). Depuis quelques années, le taux d'utilisation du coton-Bt est stabilisé autour de 80%, essentiellement et de manière croissante avec des cultivars hybrides. A un degré légèrement moindre, cette évolution vaut aussi pour la VFY dans son ensemble. Pour la Chine prise globalement, le taux de couverture en coton-Bt paraît stabilisé à 70% depuis 2004, alors que la part des variétés hybrides progresse lentement jusqu'à 30% en 2006.

Il apparaît une spécificité dans l'adoption des variétés hybrides dans la VFY, elle est peu connue à ce jour dans la communauté internationale car la plupart des travaux publiés dans les revues internationales concernaient surtout la VFJ. Ces variétés hybrides intègrent très souvent le trait Bt, à 91% dans la Province du Jiangsu et à 64% dans l'ensemble de la VFY.

2.2. Contrôle chimique encore important d'une faune variée de ravageurs

La littérature accessible à la communauté internationale renseigne peu sur la situation du contrôle chimique contre les ravageurs du coton depuis l'avènement du coton-Bt. L'"enquête Jiangsu 2005" en apporte quelques éléments indicatifs, dans la limite des imperfections rencontrées dans sa conduite.

Dans notre enquête, seulement 78 paysans ont répondu aux questions portant sur le nombre de contrôles insecticides pour les différents types de ravageurs visés, lors de la campagne 2004 (Tableau 3). Les contrôles sont réalisés avec des matières actives différentes qui peuvent être mélangées lors de l'épandage, le nombre de traitements ou d'épandages insecticides est donc inférieur au nombre de contrôles.

Bien que le coton-Bt vise particulièrement les chenilles de *H. armigera*, tous les paysans ont eu à réaliser des contrôles insecticides pour le maîtriser, de une à huit fois pour une moyenne de 4,1 fois. Par contre, seul un paysan dit avoir eu à traiter contre *Pectinophora* (ver rose), autre ravageur cible de la toxine Bt. L'utilisation du coton-Bt n'affranchit donc pas des contrôles insecticides contre *H. armigera*, en partie parce que ce ravageur exprime quatre à cinq générations jusqu'à la fin du cycle du cotonnier,

⁵ représentative de la VFJ et où l'utilisation du coton-Bt a été la plus analysée dans la littérature accessible à la communauté internationale.

[Tapez un texte]

au-delà de la période de synthèse de la toxine Bt dans les plantes. Le nombre de traitements réalisés contre ce ravageur est moitié moindre que ce qui a été rapporté dans la VFJ (Pray, et al., 2002). Cela tend à confirmer une pression effectivement moindre dans la VFY comme cela est admis par les spécialistes du coton en Chine.

Tableau 3. Nombre de contrôles chimiques et impressions des paysans sur la faune des ravageurs

	Nombre de réponses sur les traitements insecticides	Nombre de traitements insecticides			
		Moyenne	Minimum	Maximum	écart-type
H. armigera	78	4.1	1,0	8,0	2,17
Pectinophoa g.	1	3.0	3,0	3,0	
Spodoptera litura	48	1.5	1,0	2,0	0,50
Aphis (pucerons)	58	2.0	1,0	3,0	0,35
Lygus spp.	77	3.0	1,0	5,0	0,95
Araignée rouge	78	3.2	2,0	6,0	1,03
Ver du sol	29	1.0	1,0	1,0	0,00
Autres	36	2.4	1,0	4,0	1,03
Tous ravageurs	78	14,4	7,0	20,0	3,62

Source : enquête Jiangsu 2005

Tous les paysans ayant fourni l'information sur leurs pratiques d'épandages insecticides ont eu à traiter au moins deux fois contre les araignées rouges (jusqu'à un maximum de six fois). En moyenne, ils ont eu tous à faire trois traitements contre les lygus (punaises) que les spécialistes chinois disaient ne pas nécessiter de traitement chimique avant l'avènement du coton-Bt. La chenille *Spodoptera litura* est devenue aussi un ravageur nécessitant traitement chimique depuis quelques années (Li, et al., 2004), notre enquête le confirme.

En moyenne, les paysans de notre enquête ont réalisé un nombre total de 14,4 contrôles chimiques⁶ en 2005. Les nombres moyens de contrôle contre chaque type de ravageurs renseignent sur l'état de la faune des ravageurs. Ils indiquent que les ravageurs cibles du coton-Bt (*H. armigera* et *Pectinophora*) nécessitent encore quatre contrôles chimiques, mais les ravageurs qui ne sont pas des lépidoptères (tels les aphids, araignées rouges ou lygus) requièrent davantage de contrôles chimiques.

2.3. Gain limité en rendement et en rentabilité par le coton-Bt

"L'enquête Jiangsu 2005" donne des indications sur l'impact du coton-Bt sur le traitement insecticide et sur le rendement (Tableau 4). Ce ne sont que des indications car les quatre types de variétés sont très inégalement représentés dans les échantillons de données et pour nombre de paysans, les données n'ont pas été fournies ou partiellement seulement.

Ces réserves étant faites, on peut observer qu'il y a de gros écarts de prix entre les prix des semences. Ces écarts proviennent surtout du caractère hybride des variétés. Pour les cultivars hybrides, le surcoût du trait Bt se situe à 15 US\$/ha. Pour les cultivars non hybrides, le manque de données est tel qu'on ne peut se prononcer sur la similitude des coûts de semences avec ou sans le trait Bt. Par contre, de manière très claire, les semences des cultivars non-hybrides sont 10 à 13 fois moins chères que les semences hybrides.

Les coûts en insecticides sont établis pour l'ensemble des deux campagnes, les données concernent presque exclusivement les paysans ayant cultivé les variétés hybrides intégrant le trait Bt. Pour ces paysans, le coût moyen est de 85 US\$/ha pour un nombre moyen de contrôles chimiques de 12,4. Pour les variétés hybrides sans le trait Bt, le nombre moyen de contrôles chimiques a été de 16,7 et le coût en insecticides de 142 US\$/ha. Nos données indiquent des écarts conformes aux travaux publiés en chinois (Xu, et al., 2004). Un travail plus récent indique que le nombre de contrôles chimiques a fluctué de 11,7 à 14,5 pour les années 2004, 2005 et 2006 (Xu, et al., 2008), nettement plus faible que la trentaine de traitements qu'il fallait réaliser juste avant l'avènement du coton-Bt (Zhang and Zhou, 2003).

⁶ On voit que tous les paysans n'appliquent pas les insecticides contre tous les ravageurs. La somme des nombres moyens de contrôles pour chaque ravageur individuel est en conséquence différente de la moyenne du nombre total de contrôles réalisés.

[Tapez un texte]

L'analyse du coût des engrais est d'un intérêt moindre dans cet article, il est cependant important de noter le niveau élevé de ce coût, environ 250 US\$/ha, témoignage d'un recours important à la fertilisation minérale. Le coût des engrais est supérieur à la somme des coûts de semences et des insecticides.

Bien que le nombre de données soit très faible pour les variétés NH-NBt (non- hybride et non-Bt), il semble que l'adjonction du trait Bt, dans les variétés non-hybrides, n'induisse pas de gain de rendement⁷. Cela est conforme aux travaux chinois cités. Nous n'avons pas les données nécessaires pour nous prononcer sur le cas des variétés hybrides. Par contre, la supériorité en rendement des variétés hybrides, plus spécifiquement H-Bt (hybride et Bt), ressort très clairement.

Tableau 4. Coûts de production et revenus en fonction des variétés utilisées

		Coût semences US\$/ha	Régulateur de croissance US\$/ha	Coût engrais US\$/ha	Nombre traitements insecticides	Coût insecticides US\$/ha	Rendement coton- graine kg/ha	Revenu brut US\$/ha
Campagne concernée		2005	2004	2004 et 2005	2004 et 2005	2004 et 2005	2004	2004
H-Bt	Moyenne (écart type)	98,6 (21,7)	6,3 (3,7)	251,5 (38,4)	12,4 (4,4)	85,0 (33,5)	4392 (699)	2329 (286)
	Nbre données	109	112	59	77	77	140	140
NH-Bt	Moyenne (écart type)	6,9 (1,6)	4,4 (1,1)				3234 (440)	1600 (286)
	Nbre données	10	26				28	28
H-NBt	Moyenne (écart type)	84,5 (10,4)			16,7 (5,8)	141,9 (51,7)		
	Nbre données	3			3	3		
NH-NBt	Moyenne (écart type)	7,7 (0,5)	8,1 (3,8)				3459 (419)	1671 (286)
	Nbre données	4	2				5	5

Source : enquête Jiangsu 2005

Ce sont les mêmes constats que nous pouvons faire pour ce qui concerne le revenu brut après déduction des coûts des intrants (semences, insecticides...) : absence d'effet du trait Bt, et supériorité pour les variétés hybrides.

Globalement, les résultats de notre enquête révèlent bien une situation paradoxale d'un taux élevé d'adoption du coton-Bt avec peu d'avantages spécifiques de ce dernier. En raison des insuffisances de l'enquête réalisée, nous essayons d'appréhender cette situation à partir d'une autre source d'information.

2.4. Gain substantiel de rendement par le caractère hybride

Pendant plus de 50 ans, les expérimentations variétales multi-locales ont été réalisées dans le processus d'autorisation pour la commercialisation à une échelle régionale. L'un des auteurs de cet article est responsable du réseau d'expérimentation de la VFY. Les données sont traitées pour la période 2001-2005, nous y référerons par "données du Réseau Yangtze". Ces données concernent notamment 1440 rendements des différents types de variétés testées et cultivées suivant les mêmes techniques. Comme les traitements chimiques ont été faits sur l'ensemble des variétés d'un même essai, les données ne permettent pas de se prononcer sur l'effet du trait Bt sur l'utilisation des pesticides.

Les "données du Réseau Yangtze" confirment d'abord l'évolution de la répartition entre les quatre types de variétés (Tableau 5). En 2005, les résultats se rapportant aux variétés hybrides correspondaient à 90% de tous les résultats, ceux des variétés Bt à 67%. La tendance croissante à la combinaison des deux caractères est très nette, les variétés avec cette combinaison représentaient plus de 60% de tous les résultats en 2005, alors qu'ils n'étaient que de 20% en 2001. Cette tendance s'est exprimée pendant que le nombre de variétés expérimentées chaque année dans le réseau eut beaucoup augmenté.

En termes de différences de rendement, le Tableau 5 confirme une nette supériorité de rendement des variétés hybrides vs les variétés non hybrides. Les deux dernières colonnes du tableau indiqueraient que le trait Bt serait également source de gain de rendement mais les tests de comparaison rapportés ici sont biaisés par le déséquilibre en nombre entre les types de variétés. Il est plus juste d'identifier les effets éventuels du caractère hybride et du trait Bt à partir d'une approche multifactorielle, en considérant que le rendement en coton-graine (variable dépendante) est sous l'influence de plusieurs facteurs, tels que les années, les provinces, les caractéristiques hybrides et transgéniques des variétés. Suivant cette

⁷ L'incidence du coton-Bt sur le rendement peut surprendre, elle n'avait pas été réellement anticipée par Monsanto. Il n'empêche que des gains de rendement ont été observés dans divers pays, mais pas systématiquement. Fok (2006) relie l'incidence sur le rendement avec le degré d'optimalité du contrôle chimique avant l'avènement du coton-Bt. En situation de contrôle chimique proche de l'optimum pour prévenir les pertes par les attaques des ravageurs, l'incidence sur le rendement est faible ou nul.

[Tapez un texte]

approche, on constate que la probabilité de non-signification pour tous les facteurs considérés est inférieure à 1/1000 sauf pour le trait transgénique des variétés pour lequel la probabilité d'absence d'effet sur le rendement est de 18%. Ce résultat confirme que, au moins dans la VFY, il n'y a pas d'avantage en rendement découlant du trait Bt des variétés alors que l'effet positif de la caractéristique hybride est très significatif.

Tableau 5. Rendements des quatre types de variétés dans le "réseau Yangtsé"

	Types de variété				Variétés hybrides		Variétés Bt	
	NH-NBt	NH-Bt	H-NBt	H-Bt	Oui	Non	Oui	Non
2001 Nombre	76		76	38	114	76	38	152
Moyenne	3374		3680	3882	3747**	3374	3882*	3526
écart type	699		666	677	674	699	677	698
2002 Nombre	32	16	16	96	112	48	112	48
Moyenne	3076	2688	3546	3619	3609**	2946	3486*	3232
écart type	621	815	681	635	639	707	737	673
2003 Nombre	30	45		180	180	75	225	30
Moyenne	2713	2952		3073	3073*	2856	3049*	2713
écart type	675	677		771	771	682	753	675
2004 Nombre	17	88	35	175	210	105	263	52
Moyenne	2828	3304	3418	3545	3524**	3227	3464*	3225
écart type	659	537	518	558	552	582	562	627
2005 Nombre	34	17	138	331	469	51	348	172
Moyenne	2804	2971	3050	3290	3220**	2860	3275**	3001
écart type	844	457	726	655	685	737	650	754
5 ans Nombre	284	166	303	877	1085	355	986	454
Moyenne	3001	3115	3293	3369	3349**	3089	3321*	3208
écart type	789	633	758	703	706	699	692	751

* Test t significatif à 5%; ** significatif à 1%

Source : "données réseau Yangtsé"

3. Analyse du caractère paradoxal de la situation observée

Partout où la commercialisation des VGM a été entreprise dans le monde, leur adoption par les producteurs est signalée. La controverse persistante à propos de l'Inde est étonnante alors que le coton-Bt serait déjà adopté par 3,8 millions de paysans en 2007 contre 54000 en 2002 (James, 2008).

Mieux encore, dans la plupart des pays, le rythme d'adoption est très rapide pour atteindre des taux élevés de couverture des superficies des cultures concernées. A titre indicatif, et selon l'International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), ces taux pour le coton-Bt sont de 65% aux Etats-Unis et 80% en Australie. Le taux de 70% indiqué pour la Chine est conforme à ce que nous avons déterminé (Tableau 2). Dans ses rapports annuels, l'ISAAA relie toujours l'adoption observée des VGM aux avantages que les utilisateurs en retirent. La situation paradoxale que nous avons rapportée lui a échappée.

C'est aussi le cas des études scientifiques pour analyser l'adoption des VGM depuis leur commercialisation en 1996. L'analyse de l'adoption du coton-Bt en Chine a essentiellement, voire exclusivement, été rattachée aux avantages spécifiques de ce type de variétés en termes de réduction de l'utilisation des pesticides, de diminution des coûts en produits et en main d'œuvre d'épandage, et d'une certaine augmentation du rendement, engendrant ainsi un gain de rentabilité (Huang, et al., 2002, Pray, et al., 2002). Il en est de même pour les études relatives à l'Afrique du Sud (Ismaël, et al., 2002, Morse, et al., 2004) ainsi que pour les premières analyses du cas indien (Barwale, et al., 2004).

Pour autant, le degré de ces avantages peut varier entre les producteurs expliquant ainsi que tous les producteurs n'adoptent pas la technologie proposée. Cela s'observe plus aisément dans les pays à agriculture différenciée, comme c'est le cas en Afrique du Sud et surtout en Inde {Qaim, 2006 #7404; Morse, 2007 #7378}. Cependant, si la différenciation entre les exploitations peut donc être un facteur limitant à l'adoption généralisée du coton-Bt, l'on devrait avoir un taux d'adoption de 0% ou de 100%, en fonction de la réalité des avantages spécifiques du coton-Bt, là où cette différenciation n'existe pas. Dans cette dernière situation, le risque de biais de sélection dans l'échantillonnage des producteurs (Fernandez-Cornejo, et al., 1998) étant très faible, l'estimation du taux d'adoption serait même robuste. Les descriptions récentes des exploitations agricoles dans les VFJ et VFY, d'une taille moyenne d'un tiers d'hectare, laissent penser à une faible différenciation (Fok, et al., 2005b, Fok and Xu, 2007), ce qui rend étonnante la forte adoption du coton-Bt dans la VFY alors que les avantages spécifiques sont

faibles.

En Chine, le développement de l'offre de variétés a été avancé comme facteur favorable à l'adoption du coton-Bt (Huang, et al., 2005) comme cela est anticipé aussi dans le cas de l'Inde (Qaim, et al., 2006). C'est une vision implicitement néoclassique que d'autres auteurs ont nuancée en indiquant que la diffusion des variétés hybrides peut exclure des paysans et en réduire l'adoption (Kolady and Lesser, 2006).

En définitive, si les rares analyses attestent que le développement du marché des variétés et la nature (hybride ou pas) des variétés sont des facteurs d'adoption des VGM, le fonctionnement du marché des semences le devrait également. En Inde, la controverse sur la faiblesse de la performance du coton-Bt (Naik, et al., 2005) procède, en partie, de la mauvaise qualité, et de manière assez fréquente, des semences (Morse, et al., 2005). Le problème de semences frauduleuses a été rapporté aussi en Chine (Pray, et al., 2006). Il paraît donc pertinent de considérer le développement du secteur des variétés et des semences comme facteur d'explication de l'adoption des VGM.

Les avantages spécifiques du coton-Bt peuvent cependant ne pas avoir d'incidence économique directe. En Australie, il est attesté que l'utilisation du coton-Bt n'induisait pas de réduction de coût dans le contrôle des ravageurs et qu'elle n'engendrait pas de gain de rendement (Fitt, 2003). Son adoption est liée au sentiment de confort dans la conduite de la culture (Constable, 2004). C'est la même raison pour la grande adoption du soja tolérant aux herbicides (STH) aux USA (Marra, et al., 2002), car les infestations des adventices peuvent être maîtrisées par l'utilisation d'un seul herbicide, à n'importe quel moment, au lieu d'une combinaison de plusieurs herbicides sélectifs à utiliser dans des conditions particulières d'épandage. Ces éléments évoquent l'incidence possible du facteur d'adaptation d'un type de VGM aux techniques culturales de la plante considérée. Cela est confirmée par la grande et rapide diffusion du STH en Argentine avec la pratique de la technique de zéro labour (Trigo and Cap, 2006). Il s'agit d'un cas de synergie. D'un côté, la commercialisation du STH a permis d'étendre les superficies de la culture du soja sans labour. De l'autre, la mise en œuvre préexistante du zéro labour offrait un terrain favorable pour la commercialisation du STH. C'est cette synergie avec une technologie préexistante que nous appelons intégration technologique, phénomène par lequel une nouvelle technologie vient s'insérer dans un ensemble technologique préexistant pour augmenter les effets agronomiques et économiques attendus.

En somme, les deux facteurs que nous proposons pour expliquer l'adoption du coton-Bt dans la VFY ont été perçus dans quelques travaux antérieurs. L'incidence du développement des marchés des variétés et des semences est reconnue mais elle n'est pas soutenue par des analyses empiriques. La notion d'intégration technologique n'est pas explicitement considérée, elle ressort de l'analyse de l'adoption du STH en Argentine mais elle n'a jamais été prise en compte dans l'adoption du coton-Bt. La section suivante vise à montrer que ces deux facteurs sont pertinents, dans le cas de la VFY.

4. Une explication par intégration technologique et développement des marchés des variétés et des semences

Dans cette section, nous voulons d'abord indiquer qu'il préexistait dans la VFY un système technique, c'est-à-dire un ensemble de technologies déjà appliqué, dans lequel pouvait s'insérer la nouvelle technologie de coton-Bt. Ensuite, nous tenterons de montrer que cette insertion était favorisée par le développement des marchés de variétés et de semences, auquel a contribué la commercialisation du coton-Bt.

4.1. Un contexte technologique préexistant favorable

La Chine est premier pays producteur et consommateur de coton. Elle a atteint aussi l'un des niveaux de rendement les plus élevés dans le monde, comme résultat d'un mode de production avec niveau intensif d'usage d'intrants chimiques (engrais, pesticides) et application des techniques sophistiquées d'installation et de conduite de la culture (mulch plastique, régulation de la croissance des cotonniers...). Le coût monétaire de production est élevé (Fok, et al., 2005a), de sorte qu'un renchérissement du coût des semences, par exemple à la suite de la commercialisation du coton-Bt, a une incidence relative faible et peut paraître peu contraignant pour l'adoption de celui-ci (Fok, 2006).

Le niveau élevé d'intensification (en intrants et en connaissances techniques) est la conséquence d'une phase de soutien depuis 1978, mais achevée en 1999 (lors de la candidature de la Chine pour entrer à l'OMC). La fin du soutien procède de la poursuite d'une politique de libéralisation de l'économie en Chine qui a, d'une part contribué à accroître les écarts de revenus entre populations urbaines et agricoles et, d'autre part, offert aux ruraux des opportunités de travail hors de l'agriculture. Ces opportunités sont saisies surtout par les hommes et les jeunes, les revenus générés contribuent en retour à maintenir le mode de production intensive en dépit de la cessation du soutien gouvernemental. Cependant, ce sont les femmes d'un certain âge qui sont devenues les éléments actifs les plus permanents dans les fermes (Liang, et al., 2004), d'où la perception d'une certaine contrainte en main-d'œuvre.

Le mode de production intensive procède aussi de l'application, dans un contexte favorable de soutien, des résultats d'une recherche active. Cette recherche a su s'inspirer des acquis obtenus à l'étranger mais aussi faire preuve d'originalité dans la mise au point de la technique de transplantation et des variétés hybrides. Ce sont deux éléments majeurs du contexte technologique spécifique dans la VFY avant l'introduction du coton-Bt.

Les travaux sur la transplantation du cotonnier ont répondu à l'objectif de sécuriser la récolte contre les gelées précoces des parcelles de coton semées après une céréale d'hiver, au sud du Fleuve Yangtze. Ils ont été initiés dans les années 1960 et finalisés au début des années 1980. Cette technique est fort différente du repiquage connu pour le riz. Elle a été décrite en détail dans un article accessible à la communauté internationale (Fok and Xu, 2007). Le semis se fait sur des "blocs nutritifs", cylindres constitué d'un mélange d'argile et de fumure organique dans des doses déterminées. La transplantation des plants de cotonnier intervient immédiatement après la récolte de la céréale d'hiver, après brûlis des résidus de paille et creusement des trous pour contenir les "blocs nutritifs". C'est une technique exigeante en travail mais aussi en force musculaire.

En 2000, la technique était appliquée par plus de 90 % des producteurs de coton (Li, et al., 2000). Lors de nos travaux de terrain, on nous a affirmé que la technique était appliquée par tous les paysans pour les avantages obtenus (sécurité contre le risque de gel, 30% de gain de rendement) en dépit de l'exigence en travail qui est proportionnel à la densité de peuplement. La réduction de la densité de peuplement, sans perte de rendement, rendrait la technique encore plus profitable. C'est ce que la commercialisation de variétés hybrides allait permettre.

La mise au point des variétés hybrides a débuté dès 1956, mais les premières variétés hybrides intra-spécifiques furent proposées seulement au milieu des années 1980, avec cependant une adoption très timide jusqu'au milieu des années 1990 (Tableau 2). L'adoption s'est propagée surtout dans la VFY, en association avec l'application de la technique de transplantation, car la densité à installer pouvait être abaissée de 45000 à 30000 plants/ha.

4.2. Contexte institutionnel du développement des marchés de variétés et de semences

Le changement institutionnel en Chine pour promouvoir le développement des marchés des variétés et des semences de coton-Bt est récemment analysée en détail, dans une approche comparative avec les autres pays ayant commercialisé le coton-Bt (réf. gardée anonyme pour le moment) et dans le but de cerner l'état de concurrence de ces marchés en Chine et ailleurs (réf. gardée anonyme pour le moment). Ce dernier article met en évidence le rôle important des variétés de Monsanto dans les premières années de la diffusion du coton-Bt en Chine, du moins dans la VFJ. Depuis, ces variétés, qui ne sont pas hybrides, n'ont plus qu'un rôle mineur en Chine et elles n'ont jamais pénétré le marché dans la VFY. Le changement institutionnel est introduit par deux lois devenues effectives à la fin des années 1990, la Loi sur les semences (LS) et la Loi sur la protection de la propriété des variétés (LPPV). Nous nous limitons ici à souligner les dispositions majeures influant sur l'offre et la demande en variétés et en semences commerciales.

La LPPV limite la commercialisation aux variétés dont la propriété a été dûment allouée (Article 6). Les sélectionneurs gardent l'entière liberté à utiliser les variétés des autres pour les insérer dans leurs programmes d'amélioration (Article 10), mêmes les variétés transgéniques. Ce même article permet aux paysans d'utiliser et de vendre les semences qu'ils ont obtenues de leur production (semences

paysannes). Les entreprises étrangères sont assujetties à quelques règles spécifiques, comme la nécessité d'établir une société selon les lois chinoises pour pouvoir faire reconnaître la propriété de leurs variétés.

La LS reconnaît la compensation financière due aux obtenteurs lorsque leurs variétés sont commercialisées (Article 10). Elle fixe les responsabilités des autorités locales à promouvoir la production et la distribution de semences de qualité, au besoin par la création d'un fonds spécifique (Article 6) pour aider notamment à l'émergence d'entreprises de création variétale et de production/distribution de semences, publiques ou privées.

La reconnaissance de la propriété intellectuelle des variétés a incité Monsanto à diffuser ses variétés de coton-Bt, mais il a dû s'allier à un partenaire chinois pour créer une société conjointe (Fok, et al., 2005a), en même temps que l'établissement d'une entreprise chinoise pour exploiter le gène Bt construit par l'équipe du Prof. Guo Sandui du Centre de recherche en biotechnologie de Beijing, relevant de l'Académie des sciences agricoles de Chine (Guo, 1995). Le gène Bt chinois est couvert par un brevet datant de 1995, son usage est ouvert aux équipes de création variétale en Chine, sous condition de paiement de royalties suivant des modalités spécifiques mais qui ont évolué (réf. gardée anonyme pour le moment).

Le cadre institutionnel, en autorisant l'utilisation et la vente des semences paysannes, est responsable du niveau élevé du recours à ces semences. Dans la Province du Hebei (dans la VFJ), il a été observé que 55% des producteurs utilisaient des semences paysannes, en totalité ou partiellement, dans les années 2002 et 2003 (Fok, et al., 2005a). Ce recours a pour effet de limiter la demande en semences commerciales au détriment des obtenteurs et distributeurs de semences. L'offre de variétés hybrides F1 est une option commerciale pour mieux capter la demande, puisque le renouvellement annuel des semences est nécessaire. Là où les hybrides sont largement utilisées, comme dans la Province du Jiangsu, l'utilisation de semences paysannes est en effet quasi inexistante (Fok and Xu, 2007). L'offre de ce type de variété ne permet pas seulement de soutenir la demande, elle est aussi plus rentable pour les producteurs de variétés et de semences hybrides, car le surcoût en main-d'œuvre dans la production de semences est largement compensé par la forte augmentation du prix à la vente aux paysans.

L'option de proposer des variétés hybrides est aussi soutenue par la possibilité d'obtenir en une année une nouvelle variété performante, avec une bonne probabilité de réussite, en croisant deux variétés existantes. Compte tenu du caractère dominant du gène Bt, la création d'une variété hybride disposant du trait Bt est encore plus tentante puisqu'il suffit de croiser une variété non-Bt, mais disposant des caractères agronomiques désirés, avec une variété Bt pour que l'hybride le soit aussi. L'avantage de créer des hybrides Bt sur le plan pratique est renforcé par la faiblesse du coût d'accès à la technologie Bt, d'un montant de 20-30000 € (Xu and Fok, 2009).

L'offre de variétés combinant caractère hybride et trait Bt répond aussi à des contraintes commerciales. Dans un marché concurrentiel et dans un contexte où la publicité par tous les supports (fiches techniques, bulletin de vulgarisation, télévision rurale) est très active, il suffit qu'une variété hybride affiche l'intégration du trait Bt pour que les autres variétés apparaissent moins intéressantes, obligeant les autres obtenteurs à proposer la même combinaison, indépendamment de l'intérêt agronomique ou économique du trait Bt.

Les éléments évoqués devraient conduire à une forte progression de l'offre des variétés combinant les caractéristiques hybride et Bt, comme déjà constatée dans le Tableau 5, ce qui expliquerait l'évolution de la part de ces variétés à l'utilisation (Tableau 2). Nous allons mieux analyser la dynamique et l'orientation du développement du marché des variétés.

4.3. Dynamisme accru de l'offre variétale depuis l'avènement du coton-Bt

Le nombre de variétés nouvelles utilisées est augmenté fortement depuis la mise en œuvre du nouveau cadre institutionnel relatif aux obtentions végétales. Le Tableau 6 montre que 372 variétés différentes ont été utilisées dans la période 2000-2006, contre 199 dans la période 1990-1999. En retirant les 72 qui étaient déjà utilisées dans la période précédente, il y a eu pratiquement 300 variétés nouvellement utilisées depuis 2000, ce qui induit une concurrence exacerbée comme l'indique la diminution de la surface moyenne par variété commercialisée (dernière colonne du Tableau 6).

Tableau 6. Évolution du nombre de variétés utilisées par les paysans sur des superficies supérieures au seuil retenu pour enregistrement

	Nombre de variétés avec superficie enregistrée	Nombre de variétés avec superficie supérieure à 6667 ha	Total des superficies * (ha)	Superficie moyenne. Toutes les variétés pendant la période considérée * (ha)	Superficie moyenne */an (ha)
1990-1999	199	199	44 423 680	223 235	22 323
2000-2006	372	203	28 854 401	77 566	11 080

* Les seuils de superficie pour enregistrer les variétés utilisées par les paysans ont fluctué entre 667 ha et 6667 ha (ou 10 000 à 100 000 mu)

Source : Données traitées des statistiques CNV

Le dynamisme de l'offre variétale se vérifie aussi par le nombre et la diversité des organisations impliquées, comme l'attestent les données du service chargé de l'enregistrement national des variétés (nécessaire à la commercialisation sur l'ensemble du territoire chinois). Ces données permettent de cerner la nature exacte des variétés, les noms des organismes obtenteurs et leurs provinces d'origine. Nous avons réussi en plus à distinguer la nature des organismes obtenteurs. Nous référerons à ces données en parlant de "réseau certification nationale".

Au cours de la période 1999-2007, 156 organismes distincts ont été concernés par la soumission de variétés pour enregistrement national (Tableau 7). Les organismes obtenteurs ont émané essentiellement des niveaux administratifs de province et de district, illustrant le caractère décentralisé du développement du marché des variétés. Les instituts de recherche occupent la première place mais le groupe des firmes, ou entreprises à caractère privé, suit de très près alors que ces firmes n'ont émergé que depuis 2000.

Tableau 7. Répartition des organismes de sélection variétale ayant soumis des variétés pour enregistrement au niveau national

Niveau administratif du siège des organismes de création variétale	Firmes	Facultés/Universités	Instituts Recherche	Services agricoles	Total
Comté	9	1	11	1	22
District	35	1	31	1	68
Province	17	11	26	3	57
Central	2	1	6		9
Total	63	14	74	5	156

Source : Réseau certification nationale (Données téléchargées en novembre 2007)

4.4. Intégration technologique portée par le développement du marché des variétés

Les données du "réseau certification nationale" confirment l'évolution de l'offre variétale en faveur des variétés hybrides, des variétés Bt et encore plus des variétés combinant les deux caractéristiques dans les régions où la technique de transplantation est largement adoptée.

Au cours de la période 1999-2007, pour l'ensemble des organisations de création variétale ayant soumis des variétés pour obtenir l'autorisation de commercialisation à l'échelle nationale, il y eut 634 variétés, mais avec une croissance très nette du nombre de variétés soumises par année. En 2007, il y avait 113 variétés contre 9 en 1999 (Tableau 8). La tendance à proposer essentiellement des variétés transgéniques est très nette : en 2007, c'est le cas de plus de 86 % des variétés proposées, contre 45% en 2000. La part des variétés hybrides est passée à 60% en 2007. Pratiquement toutes les variétés hybrides concernées combinaient en même temps le trait Bt.

Ces tendances sont encore plus nettes avec les organisations dont le siège est situé dans la VFY et dont les variétés créées doivent viser en premier lieu le marché de la région concernée. La part du coton-Bt est passée de 30% en 2000 à 97% en 2007. La domination des variétés hybrides est encore plus forte,

[Tapez un texte]

31 sur les 34 variétés soumises en 2007. Par ailleurs, une seule variété hybride n'associait pas le trait Bt.

Tableau 8. Évolution des nombres de variétés soumises pour enregistrement national, en fonction des types de variétés

		1999	2000	2004	2007
Toutes les organisations de création variétale	Nbre de variétés soumises	9	27	73	113
	NH-NBt, %	67	37	26	13
	NH-Bt, %	0	19	41	28
	H-NBt, %	33	19	3	1
	H-Bt, %	0	26	30	58
Organisations de création variétale avec sièges dans la VFY	Nbre de variétés soumises	4	10	16	34
	NH-NBt, %	50	30	6	0
	NH-Bt, %	0	0	38	9
	H-NBt, %	50	40	12	3
	H-Bt, %	0	30	44	88

Source : Réseau certification nationale

Note : NH-NBt pour non-hybride et non-Bt; H-Bt pour hybride et Bt

L'orientation du développement du marché des variétés procède bien de la combinaison du trait Bt et de la caractéristique hybride dans une même variété. La diffusion du trait Bt profite ainsi de celle des variétés hybrides dont la valeur est reconnue par les paysans, car elles rendent encore plus rentable l'application de la technique de transplantation. Nous y voyons finalement expression de deux niveaux de synergies. Le premier niveau de synergie, appelé intégration technologique, concerne la compatibilité d'une technologie nouvelle (le trait Bt) avec un ensemble technologique préexistant (le couple hybride-transplantation). Le deuxième niveau de synergie a trait au développement des marchés des variétés, promu par la commercialisation des variétés de coton-Bt, dont l'orientation à combiner le trait Bt et la caractéristique hybride scelle, dans les variétés et les semences, la synergie d'intégration technologique.

5. Conclusion

Le niveau d'adoption du coton transgénique est très élevé dans la province du Jiangsu et dans la VFY dans son ensemble, alors que les avantages spécifiques du trait Bt sont faibles voire nuls. C'est une situation paradoxale que nous proposons d'expliquer par l'incidence du développement du marché des variétés et des semences et par la notion d'intégration technologique.

Nous croyons que, dans la VFY, l'évaluation de l'adoption du coton transgénique ne peut pas être dissociée de l'adoption quasi généralisée de la technique de transplantation et de l'utilisation de variétés hybrides. L'efficacité spécifique du coton transgénique peut être plutôt limitée, mais l'efficacité globale de l'ensemble des techniques intégrant le coton transgénique peut être bien plus attractive.

La démonstration tentée est faite seulement pour la VFY qui a la spécificité de la culture du cotonnier par la transplantation. Elle est plus difficile à conduire pour les autres régions cotonnières comme la VFJ, ce qui ne signifie pas que le facteur d'intégration technologique n'y est pas pertinent. On peut admettre que le coton-Bt s'est inséré dans un ensemble technique de production avec recours important aux intrants monétaires. Le coût marginal de cette insertion étant faible pour les paysans, ces derniers peuvent continuer à utiliser les variétés avec le trait Bt même si les avantages spécifiques de son utilisation ont fortement baissés (Wang, et al., 2008) ou que la pression des ravageurs a beaucoup baissé (Wu, et al., 2008). Il semble bien que c'est ce qui est encore observé aujourd'hui (Tableau 2).

D'un point de vue plus général, la notion d'intégration technologique met en avant l'idée de continuité dans la trajectoire technologique, en opposition à la rupture des tenants du concept de "Gene Revolution" par référence à la "Green Revolution" (Pingali and Raney, 2004, Wu and Butz, 2004). En

raison de l'importance du constat ci-dessus, certainement des travaux complémentaires seraient pertinents pour cerner la robustesse de la notion proposée. Par ailleurs, la notion proposée indique que les impacts observés dans l'utilisation du coton-Bt ne sont pas ceux du trait Bt mais de l'ensemble technique dans lequel le trait Bt s'est inséré. Une telle vision indique qu'il est abusif d'établir le prix de la technologie Bt comme si les impacts observés ne dépendent que d'elle.

Références

- Barwale, R. B., Gadwal, V. R., Zehr, U. and Zehr, B., (2004), *Prospects for Bt cotton technology in India* AgBioForum 7, 1&2, pp. 23-26.
- Constable, G., (2004), *Research's contribution to the evolution of the Australian cotton industry*. Actes de la conférence "'New directions for a diverse planet". 4th International Crop Science Congress,' Brisbane, Australia, ed. publié par p.
- Fernandez-Cornejo, J., Jans, S. and Smith, M., (1998), *Issues in the Economics of pesticide use in Agriculture: a review of the empirical evidence* Review of Agricultural Economics 20, 2, pp. 462-88.
- Fitt, G. P., (2003), *Deployment and impact of transgenic Bt cotton in Australia*. in The economic and environmental impacts of Agbiotech, ed. N. G. Kalaitzandonakes, Kluwer, New York. pp. 141-164
- Fok, A. C. M., (2006), *Conditions, résultats et perspectives d'utilisation du coton génétiquement modifié (coton Bt) dans les PED* Revue Tiers Monde, 188, pp. 773-798.
- Fok, A. C. M., Liang, W., Wang, G. and Wu, Y., (2005a), *Diffusion du coton génétiquement modifié en Chine : leçons sur les facteurs et limites d'un succès* Economie Rurale, 285, pp. 5-32.
- Fok, A. C. M., Wang, J., Liang, W. and Xu, N., (2005b), *Production cotonnière chinoise : forces et faiblesses d'une intégration et d'une adaptation à l'économie de marché* Cahiers Agricultures, pp. 42-53.
- Fok, A. C. M. and Xu, N., (2007), *Technology integration and seed market organization: The case of GM Cotton diffusion in Jiangsu Province (China)* Life Sciences International Journal 1, 1, pp. 59-72.
- Guo, S. D., (1995), *Engineering of insect-resistant plants with Bacillus thuringiensis crysral protein genes* Scientia Agricultura Sinica 28, 5, pp. 8-13.
- Huang, J., Hu, R., Pray, C. and Rozelle, S. (2005). *Development, Policy and Impacts of Genetically Modified Crops in China*. In "Workshop on Agricultural Biotechnology for Development: Institutional Challenges and Socio-economic Issues", Bellagio, Italy.
- Huang, J., Hu, R., Rozelle, S., Qiao, F. and Pray, C. E., (2002), *Transgenic varieties and productivity of smallholder cotton farmers in China* The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 46, 3, pp. 367-387.
- Ismaël, Y., Beyers, L., Thirtle, C. and Piesse, J., (2002), *Efficiency effects of Bt cotton. Smallholder adoption and economic impacts of Bt cotton in Makhathini Flats, KwaZulu Natal, South Africa*. in Economic and Social Issues in Agricultural Biotechnology, ed. R. E. Evenson, V. Santaniello and D. Zilberman, CABI Publishing, Wallingtoon and New York. pp. 325-349
- James, C., (2008), *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. Executive Summary*. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Ithaka NY, 19 p.
- Kolady, D. E. and Lesser, W., (2006), *Who Adopts What Kind of Technologies? The Case of Bt Eggplant in India* AgBioForum 9, 2, pp. 94-103.
- Li, G., Wang, Y., Zhang, S. and Hua, J., (2004), *IPM of Prodenia litura Fabr. - a serious worm in Upland cotton (in Chinese)*. Actes de la conférence 'Chinese Cotton Research Conference', YiChang, Hubei, ed. Chinese Cotton Scientific Study Association, publié par Chinese Cotton Publications, AnYang (Henan),. 300-303 p.
- Li, S., Ji, C., Chen, X., Jin, J., He, X. and Shou, L., (2000), *Technique to reach 100 kg/mu of cotton lint by transplanting in Jiangsu Province* China Cotton 27, 6, pp. 6-8.
- Liang, W., Fok, A. C. M., Wang, G. and Wu, Y., (2004), *A part-time and female-managed agriculture: an orientation not sufficient to catch up the income gap in China*. Actes de la conférence

- 'Colloque SFER "Les mutations de la famille agricole, conséquences pour les politiques publiques"', 22-23 Avril 2004, Paris, ed. publié par 16 p.
- Marra, M. C., Pardey, P. G. and Alston, J. M., (2002), *The Payoffs to Transgenic Field Crops: An Assessment of the Evidence* AgBioForum 5, 2, pp. 43-50.
- Morse, S., Bennett, R. and Ismaël, Y., (2004), *Why Bt cotton pays for small-scale producers in South Africa* e Biotechnology 22, 4, pp. 379-380.
- Morse, S., Bennett, R. and Ismaël, Y., (2005), *Comparing the performance of official and unofficial genetically modified cotton in India* AgBioForum 8, 1, pp. 1-6.
- Naik, G., Qaim, M., Subramanian, A. and Zilberman, D., (2005), *Bt cotton controversy: Some paradoxes explained* Economic and Political Weekly 40, 15, pp. 1514 - 1517.
- Pingali, P. and Raney, T., (2004), *Globalization and Agricultural Biotechnology Research: implications for the developing countries*. Actes de la conférence '85th Seminar, European Association of Agricultural Economists', Florence, Italy, Sept. 8-11, 2004, ed. publié par 20 p.
- Pray, C. E., Huang, J., Hu, R. and Rozelle, S., (2002), *Five years of Bt cotton in China - the benefits continue* The Plant Journal 31, 4, pp. 423-430.
- Pray, C. E., Ramaswami, B., Huang, J. k., Hu, R. f., Bengali, P. and Zhang, H., (2006), *Costs and enforcement of biosafety regulations in India and China* Int. J. Technology and Globalisation 2, 1/2, pp. 137-157.
- Qaim, M., Subramanian, A., Naik, G. and Zilberman, D., (2006), *Adoption of Bt Cotton and Impact Variability: Insights from India* Review of Agricultural Economics 28, 1, pp. 48-58
- Trigo, E. and Cap, E., (2006), *Ten Years of Genetically Modified Crops in Argentine Agriculture*. Agbios, Ontario, Canada, 52 p.
- Wang, S., Just, D. R. and Pinstrip-Andersen, P., (2008), *Bt-cotton and secondary pests* Int. J. Biotechnology 10, 2/3, pp. 113-121.
- Wu, F. and Butz, W. P., (2004), *The future of genetically modified crops. Lessons from the Green Revolution*. Rand Science and Technology, Santa Monica (CA, USA), 116 p.
- Wu, K.-M., Lu, Y.-H., Feng, H.-Q., Jiang, Y.-Y. and Zhao, J.-Z., (2008), *Suppression of Cotton Bollworm in Multiple Crops in China in Areas with Bt Toxin-Containing Cotton* Science 321, pp. 1676-1678.
- Xu, J., You, Z., Wang, W. and Yang, Y., (2004), *Economic analysis of Bt cotton Planting in Jiangsu (in Chinese)* Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition) 25, 3, pp. 65-69.
- Xu, N. y., Fok, A. C. M., Bai, L. and Zhang, Z., (2008), *Effectiveness and chemical pest control of Bt-cotton in Yangtze River Valley, China* Crop Protection 27, 9, pp. 1269-1276.
- Zhang, T. and Zhou, S., (2003), *The economic and social impact of GMOs in China* China Perspectives, 47, pp. 50-57.